

# KARAKTERISTIK *PULL-OUT RESISTANCE* TULANGAN ROTAN SEBAGAI PERKUATAN PADA TANAH PASIR

Victor Harison<sup>1</sup>, Ferry Fatnanta<sup>2</sup>, Muhardi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Program S-1, Fakultas Teknik Universitas Riau

<sup>2</sup>Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

E-mail: victorharison23@yahoo.com

## ABSTRACT

*Methods of soil improvement by using reinforcement was first introduced by Vidal (1966) and shown to reduce the deformation of both vertical and lateral directions. With previous research on the basis of pull test on soil reinforcement materials, there are other alternatives to conduct similar research with natural ingredients such as reinforcement materials. One of the natural ingredients that have not been used as a reinforcement material is rattan. While the type of soil used was sandy soil. Chosen considering the availability rattan material is so abundant in Indonesia. Association of Indonesian Rattan Furniture and Craft (2011) stated that Indonesia is the largest cane-producing countries in the world. Approximately 85 percent of the raw materials produced by Indonesian rattan. Used for this kind of rattan is Segra (Callamus Caesius) diameter of 8 mm. The purpose of this study was to test how much resistance rattan pull as reinforcement in reinforced soil structures at various levels of changes in water content, and the normal force is given above. Pull out resistance value of the soil reinforcement consists of longitudinal reinforcement frictional resistance and bearing capacity resistance on transverse reinforcement. Frictional resistance rattan reinforcement would be worth the higher ground when the water content of sand are in optimum condition (15%) with a note that the addition of normal stress has reached 0.05 kg/cm<sup>2</sup> when laboratory testing. Bearing capacity value of resistance per unit area of rattan reinforcement will be highest when the soil water content of sand on the wet side of optimum conditions (16.5%) with the consideration of taking the maximum value of which does not have a broken rattan reinforcement of 3.422 kg/cm<sup>2</sup>.*

*Keywords: frictional resistance, bearing capacity resistance, reinforcement rattan.*

## PENDAHULUAN

Teknik perbaikan tanah dengan menggunakan tulangan sudah lama dipergunakan pada struktur dinding penahan tanah, struktur jalan raya, pangkal jembatan, dan perbaikan lereng. Metode perbaikan ini pertama kali diperkenalkan oleh Vidal (1966) dan terbukti dapat mengurangi deformasi baik arah vertikal maupun lateral. Analisis stabilitas struktur tanah bertulang perlu ditinjau terhadap stabilitas dalam (*internal stability*) dan stabilitas luar (*external stability*). Stabilitas dalam meliputi tahanan cabut dari tulangan dan kegagalan akibat gaya tarikan pada tulangan karena terlampaui kekuatan batasnya.

Dengan dasar penelitian sebelumnya mengenai uji cabut pada bahan perkuatan tanah, masih ada alternatif lain untuk melakukan penelitian sejenis dengan bahan perkuatan berupa bahan alami. Salah satu bahan alami yang belum digunakan sebagai bahan perkuatan yaitu rotan. Sedangkan jenis tanah yang digunakan adalah tanah pasir.

Bahan rotan dipilih mengingat ketersediaannya yang begitu melimpah di Indonesia. Asosiasi Mebel dan Kerajinan Rotan Indonesia (2011) menyatakan Indonesia merupakan negara penghasil rotan terbesar di dunia. Sekitar 85 persen bahan baku rotan dihasilkan oleh Indonesia. Dengan dasar pertimbangan tersebut, maka pemilihan rotan sebagai bahan

perkuatan pada tanah pasir kiranya dapat dijadikan salah satu alternatif untuk memaksimalkan penggunaan sumberdaya rotan yang begitu melimpah. Sedangkan jenis tanah pasir dipilih karena mewakili sebagian besar karakteristik jenis tanah yang dipakai pada sebagian besar perencanaan timbunan badan jalan, opret jembatan, abutment jembatan, dan lereng buatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji seberapa besar tahanan cabut rotan sebagai perkuatan dalam struktur tanah bertulang pada berbagai tingkat perubahan kadar air, dan gaya normal yang diberikan di atasnya.

Penelitian yang dilakukan meliputi pengujian tahanan cabut rotan sebagai bahan perkuatan pada tanah pasir. Pengujian dilakukan dalam skala laboratorium pada kotak uji berukuran panjang x lebar x tinggi= 100 Cm x 40 Cm x 50 Cm, dengan ketinggian tanah pasir yang diisi adalah 30 Cm. Tanah yang dipakai adalah jenis tanah pasir yang banyak digunakan di kota Pekanbaru, Riau.

Bahan rotan diambil dari para pedagang pengumpul dan pengrajin rotan dikawasan Rumbai, Pekanbaru. Rotan yang dipakai adalah rotan jenis Segi berdiameter 8 mm dengan panjang 1 m dimana panjang rotan yang akan dijadikan perkuatan untuk uji tahanan cabut longitudinal adalah 80 Cm, dan untuk uji tahanan cabut transversal adalah 30 Cm.

Sedangkan nilai penurunan maupun kenaikan pada permukaan tanah pasir pada saat dilakukan uji cabut juga tidak ditinjau karena keterbatasan alat. Demikian juga dengan variasi penambahan beban normal hanya dibatasi sebanyak 3 yaitu 0, 100 Kg, dan 200 Kg.

Uji cabut hanya dilakukan dengan dua variasi perkuatan. Pertama adalah perkuatan arah longitudinal yaitu perkuatan yang searah dengan gaya tarik alat uji cabut. Kedua adalah perkuatan arah transversal yaitu perkuatan yang tegak lurus dengan gaya tarik alat uji cabut. Kedua variasi perkuatan diatas masing-masing hanya dilakukan pada satu buah tulangan rotan.

### **Kapasitas Tahanan Cabut**

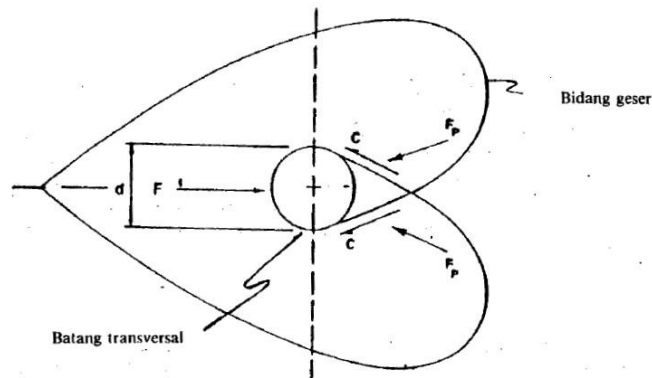
Menurut Peterson dan Anderson (1980), tahanan cabut tulangan yang disusun dalam arah transversal dan longitudinal adalah terdiri dari komponen gesekan pada tulangan longitudinal dan tahanan dukung dari tulangan arah transversal. Tahanan cabut total jaringan tulangan yang disusun saling tegak lurus, dapat dinyatakan oleh Persamaan:

$$F_t = F_f + F_p \quad (1)$$

Dengan  $F_p$  adalah tahanan dukung pasif dan  $F_f$  tahanan akibat gesekan.

### **Kapasitas Dukung Tulangan Transversal**

Bidang keruntuhan yang terjadi pada sebuah tulangan transversal dianggap sebagai kondisi keruntuhan yang terjadi pada pondasi memanjang (Peterson et al. 1980), seperti yang terlihat pada Gambar 1. Dengan  $d$  adalah diameter tulangan,  $F$  adalah gaya yang menekan tulangan pada bidang transversal,  $c$  adalah kohesi tanah, dan  $F_p$  adalah tahanan dukung pasif yang menahan gaya  $F$ .



Gambar 1. Tahanan dukung tulangan transversal

(Sumber: Peterson et al, dalam Christiady H., 1990)

Persamaan kapasitas dukung yang didasarkan pada persamaan Terzaghi-Buisman (1967, dalam Christiady H. 1990), adalah:

$$\frac{F_p}{nwd} = c N_c + \frac{1}{2} \sigma_v N_\gamma + \sigma_v N_q \quad (2)$$

dengan:

- c = kohesi
- $\frac{F_p}{nwd}$  = tahanan dukung pasif persatuan lebar
- w = lebar tulangan
- $N_c, N_\gamma, N_q$  = faktor daya dukung Terzaghi
- d = diameter tulangan
- n = jumlah tulangan transversal
- $\sigma_v$  = tegangan normal

Terzaghi memberikan koreksi empiris pada faktor-faktor kapasitas dukung pada kondisi keruntuhan geser umum, yang digunakan untuk hitungan kapasitas dukung pada kondisi keruntuhan geser lokal. Caranya adalah seluruh faktor kapasitas dukung dihitung kembali dengan menggunakan  $\phi'$  dan  $c'$  dengan Persamaan:

$$\tan \phi' = \frac{2}{3} \tan \phi \quad (3)$$

$$c' = \frac{2}{3} c \quad (4)$$

Untuk nilai-nilai faktor kapasitas dukung Terzaghi dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung Terzaghi (1943)**

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c'$	$N_q'$	$N_\gamma'$
0	5.7	1.0	0.0	5.7	1	0
5	7.3	1.6	0.5	6.7	1.4	0.2
10	9.6	2.7	1.2	8	1.9	0.5
15	12.9	4.4	2.5	9.7	2.7	0.9
20	17.7	7.4	5.0	11.8	3.9	1.7
25	25.1	12.7	9.7	14.8	5.6	3.2
30	37.2	22.5	19.7	19	8.3	5.7
34	52.6	36.5	35.0	23.7	11.7	9
35	57.8	41.4	42.4	25.2	12.6	10.1
40	95.7	81.3	100.4	34.9	20.5	18.8
45	172.3	173.3	297.5	51.2	35.1	37.7
48	258.3	287.9	780.1	66.8	50.5	60.4
50	347.6	415.1	1153.2	81.3	65.6	87.1

### Tahanan Gesek Tulangan Longitudinal

Tahanan gesek total yang bekerja pada tulangan longitudinal ( $F_f$ ), menurut Young Cheul Kwon et al. (2010), dapat diberikan oleh Persamaan:

$$F_f = A_s \sigma_v \tan \delta \quad (5)$$

dengan:

$A_s$  = luas permukaan gesekan

$\sigma_v$  = tegangan normal

$\tan \delta$  = koefisien gesekan antara dua permukaan yang berbeda

### Kuat Geser Tanah

Berdasarkan teori Coulomb, dapat ditentukan besarnya tegangan geser yang didefinisikan pada persamaan berikut ini:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (6)$$

dimana:

$\tau$  = tegangan geser tanah (kuat geser tanah)

$c$  = kohesi tanah (kekohesifan tanah)

$\sigma$  = tegangan normal

$\phi$  = sudut gesek antar tanah (sudut gesek dalam)

Dengan penentuan kohesi tanah maka penentuan adhesi dapat dilakukan dengan menerapkan teori Mohr yang didasarkan atas hubungan fungsional antara tegangan normal ( $\sigma$ ) dan tegangan geser ( $\tau$ ).

Payne dan Fountain (1954) memvisualisasikan adhesi tanah sebagai suatu parameter tambahan dalam suatu persamaan gesekan antara tanah dan metal, seperti terlihat pada Persamaan dibawah ini:

$$S' = C_a + \sigma \tan \delta \quad (7)$$

dimana:

$S'$  = tegangan geser tanah

$C_a$  = adhesi

$\sigma$  = tegangan normal

$\delta$  = sudut gesek antara tanah dan metal

### Analisis Gradasi Butiran (*Grain Size Analysis*)

Analisis ukuran butiran tanah adalah penentuan presentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Besarnya butiran tanah biasanya digambarkan dalam grafik yang disebut grafik lengkung gradasi atau grafik lengkung pembagian butir. Dari grafik ini dapat kita melihat pembagian besarnya butiran tanah tertentu dan juga dapat kita lihat batas antara kerikil dan pasir, pasir dan lanau, dsb. Kemiringan dan bentuk umum dari kurva distribusi dapat digambarkan oleh koefisien keseragaman (*coefficient of uniformity*),  $C_u$ , dan koefisien gradasi (*coefficient of gradation*),  $C_c$ , yang diberikan menurut persamaan:

Koefisien Uniformitas:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (8)$$

$C_u$  = koefisien keseragaman

$D_{60}$  = diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan.

$D_{10}$  = diameter yang bersesuaian dengan 10% lolos ayakan.

Koefisien Gradasi:

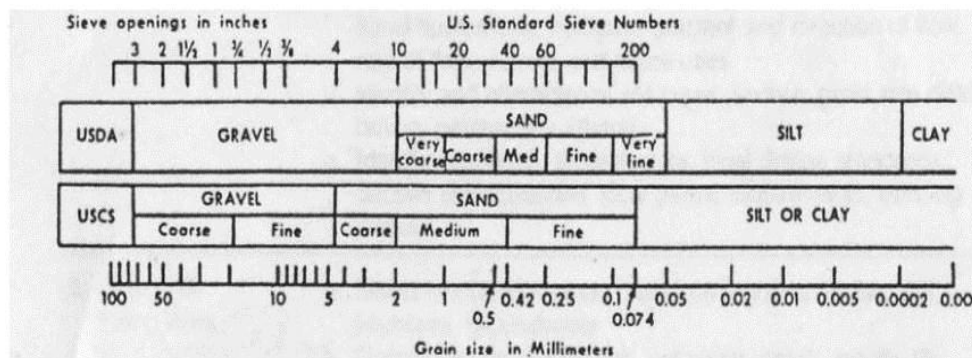
$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60}) \times (D_{10})} \quad (9)$$

$Cc$  = koefisien gradasi

$D_{30}$  = diameter yang bersesuaian dengan 30% lolos ayakan.

### Sistem Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System*

Sistem klasifikasi ini digunakan berdasarkan hasil-hasil percobaan laboratorium seperti analisis gradasi butiran, batas cair dan indeks plastisitasnya. Bentuk dari klasifikasi tanah sistem Unified dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Klasifikasi tanah berdasarkan *unified soil classification system*

(Sumber: *Unified Soil Classification System*)

### Karakteristik Fisis dan Mekanis Rotan

Karakteristik fisis dan mekanis rotan tertera didalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-7208-2006. Dalam Tabel 2 disajikan nilai rata-rata keteguhan rotan dalam kondisi kering udara. Nilai keteguhan diperoleh dari hasil pengujian contoh uji ukuran kecil yang bebas cacat. Nilai sifat mekanis yang disajikan meliputi Modulus of Rupture (MOR) yaitu tegangan pada batas maksimum dan Modulus of Elasticity (MOE) yaitu perbandingan antara tegangan dan regangan yang berlaku sepanjang garis elastis. Pada Tabel 2 diberikan contoh karakteristik fisis dan mekanis rotan yang dipakai pada nomor 14, yaitu rotan Segu.

**Tabel 2 Karakteristik Fisis dan Mekanis Rotan**

No	Jenis Rotan	Fisis-Mekanis
14	Segu ( <i>Calamus caesius</i> Blume.)	BJ 0,58 gr/cm <sup>3</sup>
		keteguhan tarik sejajar serat bagian luar 612 kg/cm <sup>2</sup>
		keteguhan tarik sejajar serat bagian dalam 631 kg/cm <sup>2</sup>
		warna keemasan mengkilat
15	Semambu ( <i>Calamus scipionum</i> Loure.)	d 7-12 mm
		KA 13,54%
		BJ 0,44 gr/cm <sup>3</sup>
		MOE 20.500 kg/cm <sup>2</sup>
		MOR 611,0 kg/cm <sup>2</sup>
		d 25-35 mm

(Sumber: SNI 01-7208-2006)

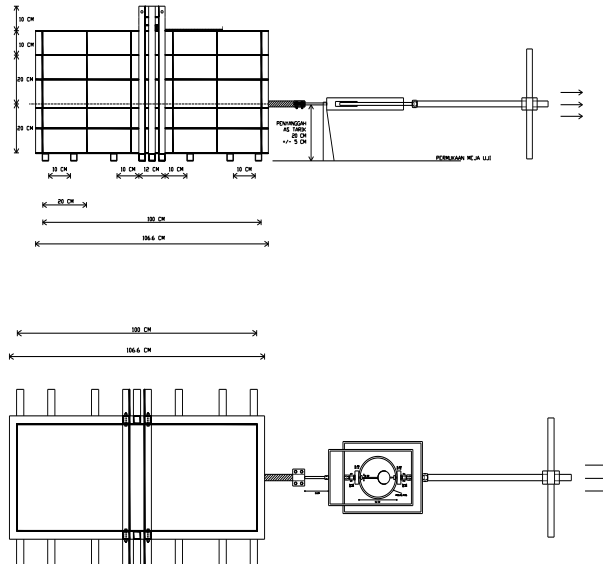
## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Riau, Pekanbaru.

### Skema Alat Uji Penelitian

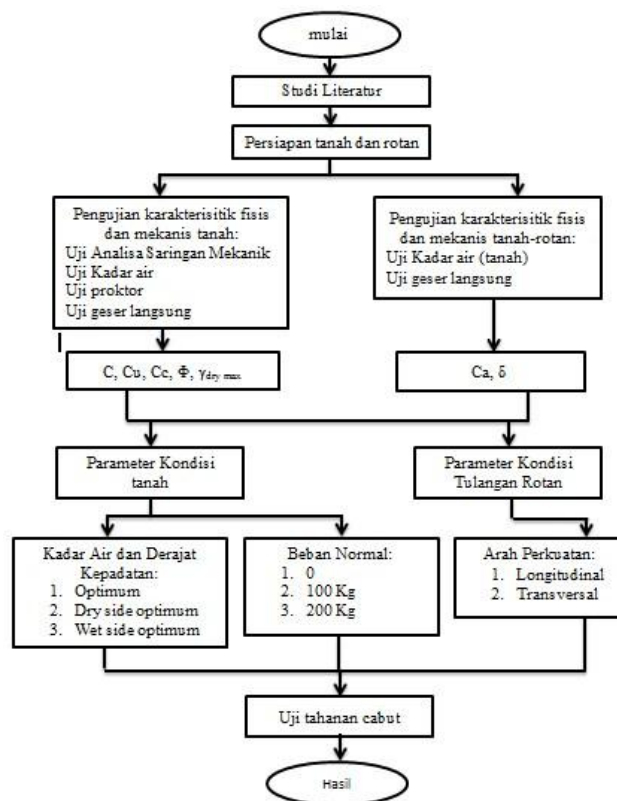
Skema alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Skema Alat Penelitian Uji Cabut

### Bagan Alir Penelitian

Tahap-tahap yang akan dilakukan dalam penyelesaian tugas akhir dapat dilihat dalam bagan alir penelitian pada Gambar 4 sebagai berikut :

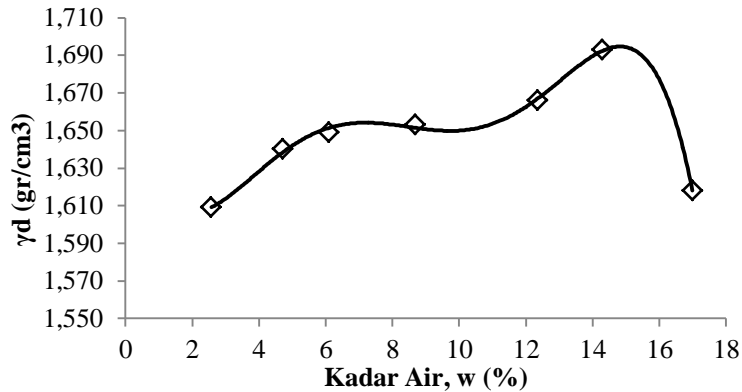


Gambar 4. Bagan alir (flow chart) Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Standar Proctor pada Tanah Pasir

Dari hasil pengujian Standar Proctor didapat nilai berat volume kering maksimum,  $\gamma_{d\text{maks}}$  sebesar  $1,695 \text{ gr/cm}^3$  dan kadar air optimum,  $w_{\text{opt}}$  pada 15%. Untuk lebih jelasnya grafik hasil uji Standar Proctor dapat dilihat pada Gambar 5.

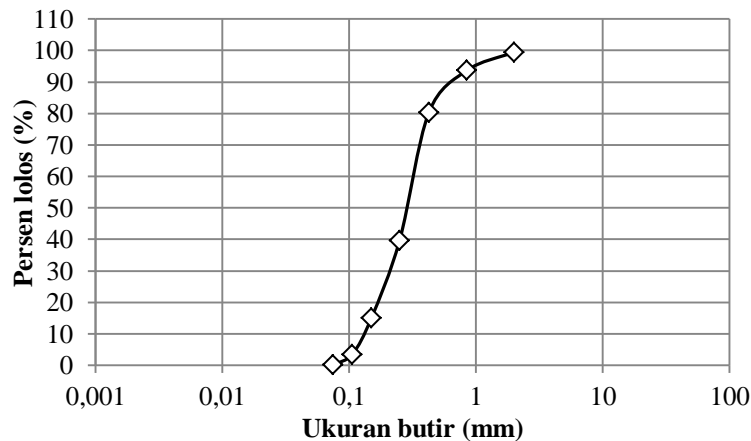


Gambar 4. Hasil uji Standar Proctor pada tanah pasir

(Sumber: Hasil Analisa)

### Analisa Saringan dengan Metoda Mekanik pada Tanah Pasir

Dari hasil analisa saringan didapat koefisien gradasi,  $C_c$  adalah 1,04 dan koefisien keseragaman,  $C_u$  adalah 2,4. Dari grafik distribusi ukuran butiran, tanah digolongkan sebagai pasir halus. Menurut persyaratan USCS pasir adalah butiran lolos saringan no.4 dan tertahan saringan no.200. Sebagian besar partikel pasir berada pada ukuran saringan berdiameter 0,075-0,425 mm yang digolongkan kedalam jenis pasir halus. Untuk lebih jelasnya grafik hasil analisa saringan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil analisa saringan pada tanah pasir

(Sumber: Hasil Analisa)

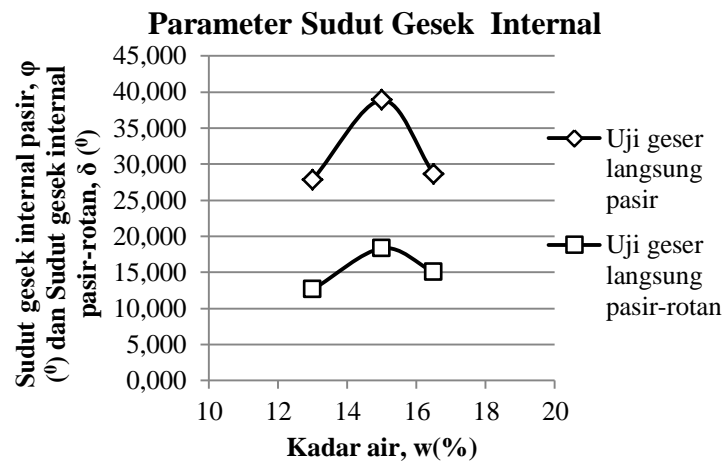
### Hasil Uji Geser Langsung Tanah Pasir

Dari hasil pengujian ini didapat nilai parameter sudut gesek internal ( $\phi$ ) tanah pasir pada kondisi kadar air 13%, 15%, dan 16,5% adalah  $27^0$ ;  $38^0$ ; dan  $28^0$ .

Kemudian untuk nilai parameter kohesi ( $c$ ) tanah pasir pada kondisi kadar air 13%, 15%, dan 16,5% adalah  $0,06 \text{ kg/cm}^2$ ;  $0,03 \text{ kg/cm}^2$ ; dan  $0,08 \text{ kg/cm}^2$ .

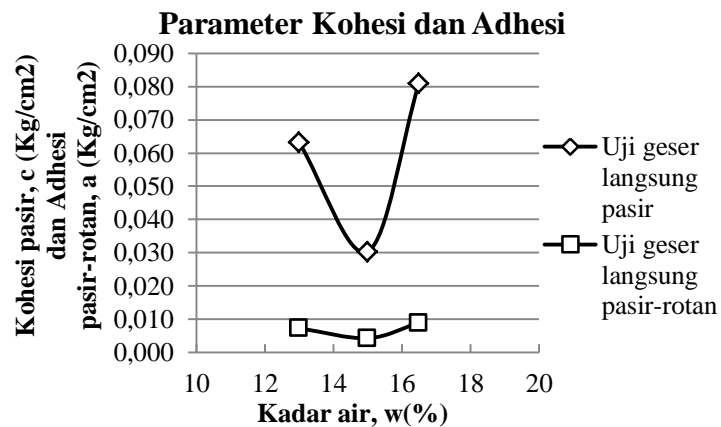
### Hasil Uji Geser Langsung Tanah Pasir dengan Permukaan Rotan

Dari hasil pengujian didapat nilai parameter sudut gesek pasir-rotan ( $\delta$ ) pada kondisi kadar air tanah pasir 13%, 15%, dan 16,5% adalah  $12,6^{\circ}$ ;  $18,3^{\circ}$ ; dan  $15^{\circ}$ . Sedangkan untuk nilai adhesi pada kondisi kadar air tanah pasir 13%, 15%, dan 16,5% adalah  $-0,007 \text{ kg/cm}^2$ ;  $-0,006 \text{ kg/cm}^2$ ; dan  $-0,009 \text{ kg/cm}^2$ . Hasil analisa adhesi bernilai negatif menyatakan arah melawan tegangan geser. Hasil perbandingan nilai parameter uji geser pasir dan pasir-rotan dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Perbandingan nilai parameter sudut gesek internal tanah pasir dan sudut gesek internal tanah pasir-rotan

(Sumber: Hasil Analisa)



Gambar 7. Perbandingan nilai parameter kohesi tanah pasir dan adhesi tanah pasir-rotan

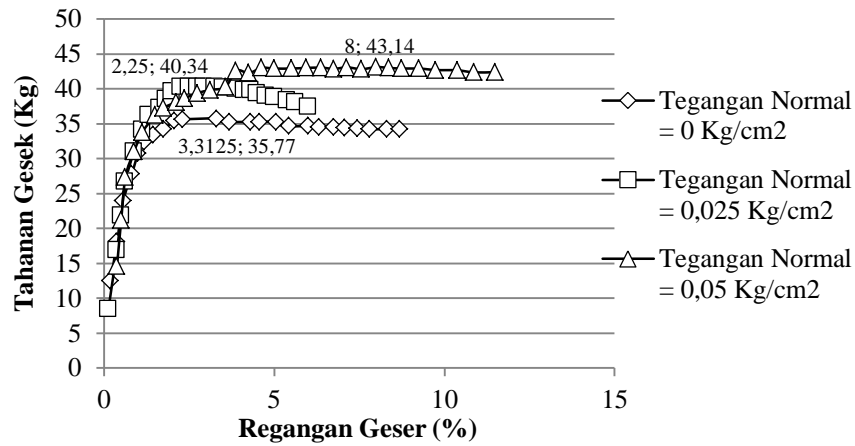
(Sumber: Hasil Analisa)

### Tahanan Gesek Tulangan Rotan pada Perkuatan Longitudinal

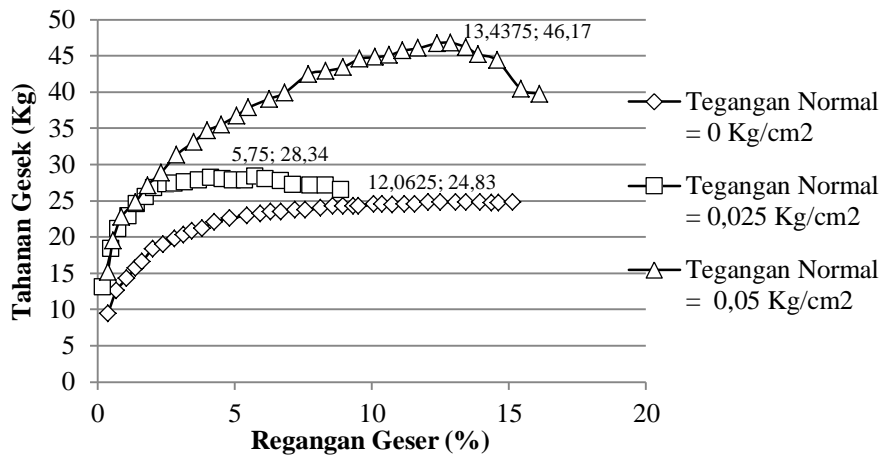
#### Perbandingan Tahanan Gesek Tulangan Rotan terhadap Regangan Geser

Perbandingan antara tahanan gesek dan regangan geser ini bertujuan untuk mencari kondisi titik luluh dari perkuatan tulangan rotan. Hubungan tersebut dengan 3 variasi kadar air yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 8, 9, dan 10.

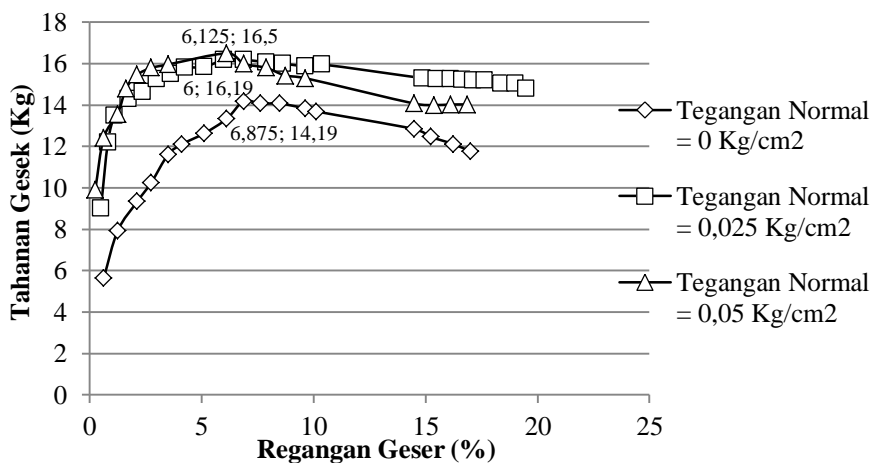




Gambar 8. Perbandingan tahanan gesek arah longitudinal terhadap regangan geser dengan kadar air= 13%  
(Sumber: Hasil Analisa)



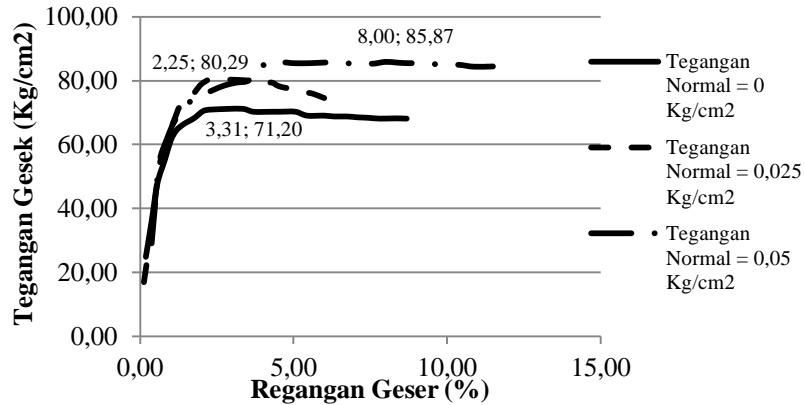
Gambar 9. Perbandingan tahanan gesek arah longitudinal terhadap regangan geser dengan kadar air= 15%  
(Sumber: Hasil Analisa)



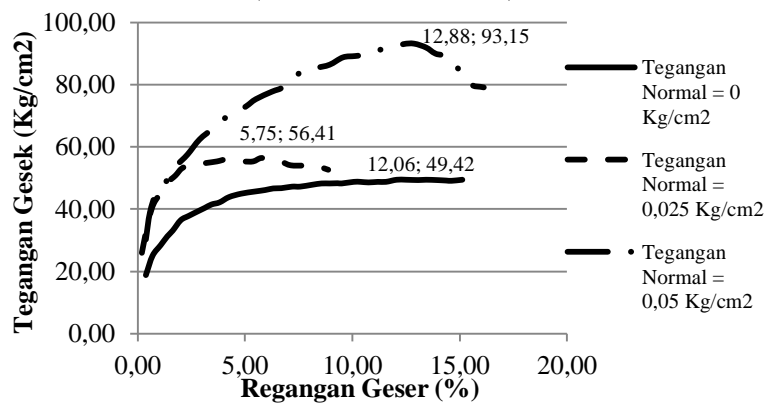
Gambar 10. Perbandingan tahanan gesek arah longitudinal terhadap regangan geser dengan kadar air= 16,5%  
(Sumber: Hasil Analisa)

### Perbandingan Tegangan Gesek Tulangan Rotan terhadap Regangan Geser

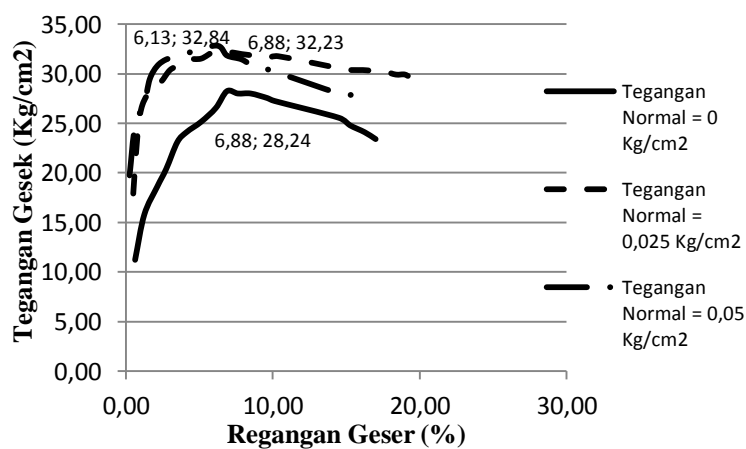
Perbandingan antara tegangan gesek dan regangan geser ini bertujuan untuk melihat perilaku regangan dari perkuatan tulangan rotan terhadap perubahan tegangan gesek. Hubungan tersebut dengan 3 variasi kadar air yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 11, 12, dan 13.



Gambar 11. Perbandingan tegangan gesek arah longitudinal terhadap regangan geser dengan kadar air= 13%  
(Sumber: Hasil Analisa)



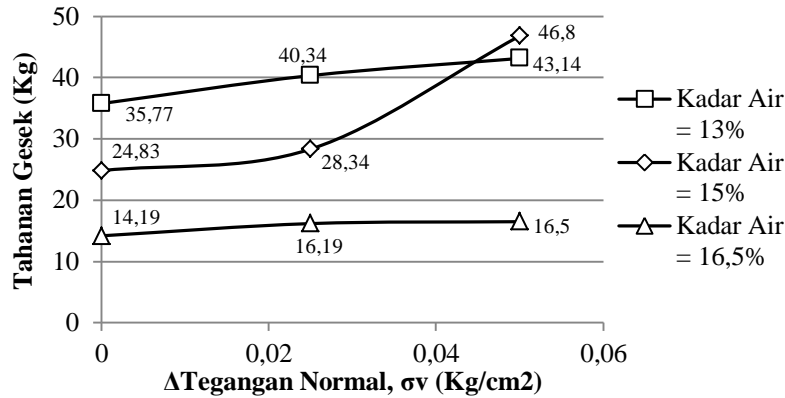
Gambar 12. Perbandingan tegangan gesek arah longitudinal terhadap regangan geser dengan kadar air= 15%  
(Sumber: Hasil Analisa)



Gambar 13. Perbandingan tegangan gesek arah longitudinal terhadap regangan geser dengan kadar air= 16,5%  
(Sumber: Hasil Analisa)

Perbandingan Tahanan Gesek Tulangan Rotan terhadap Penambahan Tegangan Normal yang diberikan

Perbandingan tahanan gesek terhadap penambahan tegangan normal ditinjau masing-masing pada kondisi kadar air yang berbeda. Hal ini dimaksudkan untuk mengkaji lebih lanjut berapa peningkatan tahanan gesek tulangan rotan sesuai dengan penambahan tegangan normal yang diberikan. Untuk lebih jelasnya perbandingan tahanan gesek terhadap penambahan tegangan normal dapat dilihat pada Gambar 14.



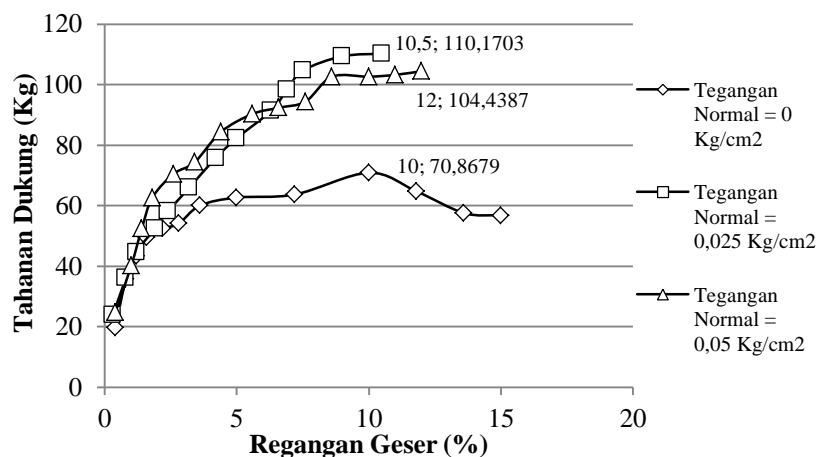
Gambar 14. Perbandingan tahanan gesek arah longitudinal terhadap penambahan tegangan normal yang diberikan

(Sumber: Hasil Analisa)

**Tahanan Dukung Tulangan Rotan pada Perkuatan Transversal**

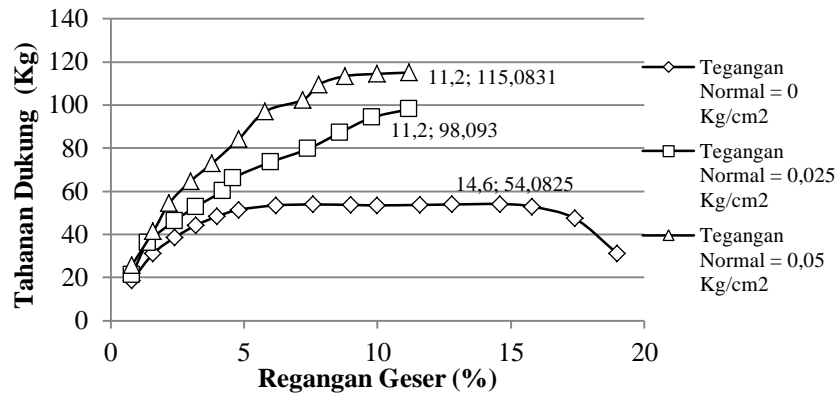
Perbandingan Tahanan Dukung Tulangan Rotan terhadap Regangan Geser

Perbandingan antara tahanan dukung dan regangan geser ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi keruntuhan yang terjadi saat pengujian dilakukan. Ketika tahanan dukung mencapai nilai maksimal, maka terjadi keruntuhan yang disebabkan dua faktor. Pertama yaitu keruntuhan akibat kapasitas dukung tanah pasir yang lebih rendah dari perkiraan tahanan dukung tulangan transversal. Kedua yaitu keruntuhan akibat kapasitas penampang rotan yang lebih kecil dari kapasitas dukung tanah pasir. Hubungan tersebut dengan 3 variasi kadar air yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 15, 16, dan 17.

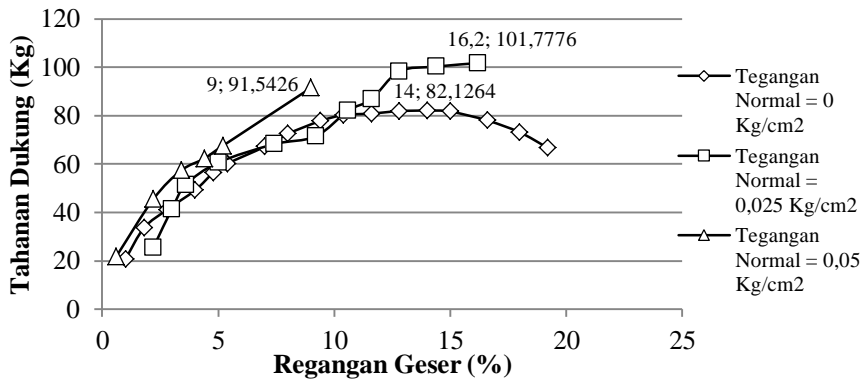


Gambar 15. Perbandingan tahanan dukung tulangan transversal terhadap regangan geser dengan kadar air= 13%

(Sumber: Hasil Analisa)



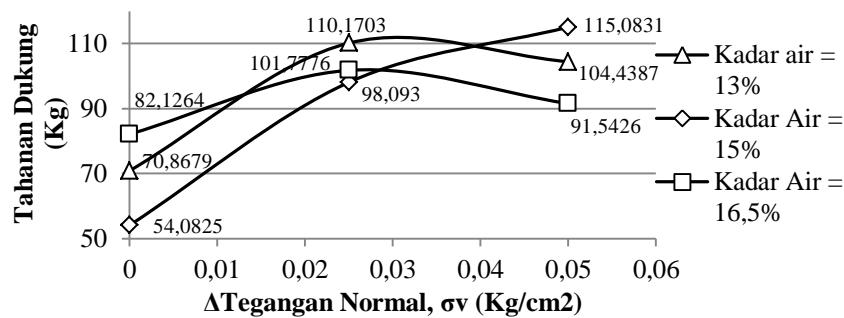
Gambar 16. Perbandingan tahanan dukung tulang transversal terhadap regangan geser dengan kadar air= 15%  
(Sumber: Hasil Analisa)



Gambar 17. Perbandingan tahanan dukung tulang transversal terhadap regangan geser dengan kadar air= 16,5%  
(Sumber: Hasil Analisa)

Perbandingan Tahanan Dukung Tulangan Rotan terhadap penambahan Tegangan Normal yang diberikan

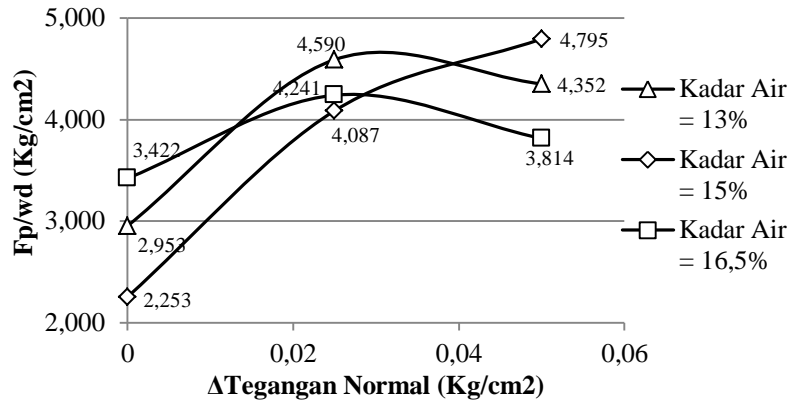
Perbandingan tahanan dukung terhadap penambahan tegangan normal ditinjau masing-masing pada kondisi kadar air yang berbeda. Hal ini dimaksudkan untuk mengkaji lebih lanjut berapa peningkatan tahanan dukung tulangan rotan sesuai dengan penambahan tegangan normal yang diberikan. Untuk lebih jelasnya perbandingan tahanan dukung terhadap penambahan tegangan normal dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Perbandingan tahanan dukung tulangan transversal terhadap penambahan tegangan normal yang diberikan  
(Sumber: Hasil Analisa)

## Perbandingan Tahanan Dukung Tulangan Transversal per Satuan Luas Tulangan Rotan terhadap Penambahan Tegangan Normal yang diberikan

Pengaruh tahanan dukung pada perkuatan transversal per satuan luas ini bertujuan untuk melihat dampak peningkatan tahanan dukung tulangan per satuan luas terhadap penambahan tegangan normal yang diberikan. Untuk lebih jelasnya perbandingan diatas dapat dilihat Gambar 19.



Gambar 19. Perbandingan tahanan dukung tulangan transversal per satuan luas tulangan rotan terhadap penambahan tegangan normal yang diberikan

(Sumber: Hasil Analisa)

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini sesuai dengan tujuan dan manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian standar Proctor didapat nilai kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) pada 15% dengan nilai berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dmaks}$ ) sebesar  $1,695 \text{ gr/cm}^3$ .
2. Jika perkuatan longitudinal ditinjau terhadap penambahan tegangan normal yang bekerja saat dilakukan pengujian, maka tahanan gesek tulangan rotan akan bernilai semakin tinggi saat kadar air tanah pasir berada pada kondisi optimum (15%) dengan catatan bahwa penambahan tegangan normal telah mencapai  $0,05 \text{ kg/cm}^2$  ketika dilakukan pengujian dilaboratorium.
3. Jika perkuatan longitudinal ditinjau terhadap perubahan kadar air pada tanah pasir saat dilakukan pengujian, maka tahanan gesek tulangan rotan akan bernilai semakin tinggi saat penambahan tegangan normal telah mencapai  $0,05 \text{ kg/cm}^2$  yang hanya terjadi pada saat kondisi kadar air tanah pasir optimum (15%).
4. Pada pengujian perkuatan transversal didapat nilai tahanan dukung maksimum per satuan luas tulangan rotan dengan kondisi kadar air tanah pasir 13%, 15%, dan 16,5% berturut-turut sebesar  $4,59 \text{ kg/cm}^2$  ( $\Delta\sigma_v = 0,025 \text{ kg/cm}^2$ ; tulangan patah);  $4,795 \text{ kg/cm}^2$  ( $\Delta\sigma_v = 0,05 \text{ kg/cm}^2$ ; tulangan patah); dan  $4,241 \text{ kg/cm}^2$  ( $\Delta\sigma_v = 0,025 \text{ kg/cm}^2$ ; tulangan patah) dengan regangan yang terjadi berturut-turut sebesar 10,5%; 11,2%; dan 16,2%.
5. Jika nilai tahanan dukung maksimum per satuan luas tulangan rotan ditinjau terhadap penambahan tegangan normal yang bekerja saat dilakukan pengujian, maka tahanan dukung per satuan luas tulangan rotan akan bernilai paling tinggi saat kadar air tanah pasir berada pada kondisi sisi basah optimum (16,5%) dengan pertimbangan mengambil nilai paling maksimum dimana tulangan rotan tidak mengalami patah sebesar  $3,422 \text{ kg/cm}^2$ .

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian dan penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada pengujian tahanan gesek tulangan longitudinal agar dapat diketahui sampai dimana tulangan rotan mampu mengakomodir tegangan gesek hingga penampang rotan mengalami putus.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada pengujian tahanan dukung tulangan rotan agar dapat diketahui bagaimana perilaku kekuatan penampang rotan terhadap variasi jarak antar titik tumpuan rotan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar dapat diketahui bagaimana perilaku tahanan cabut total tulangan rotan jika dikombinasikan antara perkuatan longitudinal dengan perkuatan transversal dalam bentuk jaringan.
4. Perlu dibuat perencanaan mengenai mekanisme pengujian dilaboratorium yang lebih presisi baik dari mekanisme penambahan beserta alat baca tegangan normal yang diberikan, pengukuran regangan geser yang terjadi, pengukuran deformasi yang terjadi baik arah vertikal maupun lateral, sampai pada pembacaan nilai tahanan cabut pada perkuatan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdel, A. H. *et al.* 2007. Utilization of a large-scale testing apparatus in investigating and formulating the soil/geogrid interface characteristics in reinforced soils. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences. Volume 1, 4.*
- Alfaro, M. C. *et al.* 1995. Pullout interaction mechanism of geogrid strip reinforcement. *Geosynthetics International Journal. Volume 2, 4.*
- Badan Standarisasi Nasional. SNI 01-7208-2006 (Jenis, sifat dan kegunaan rotan).
- Christiady, H. 1990. Uji cabut jaringan tulangan baja untuk perencanaan struktur tanah bertulang. Media teknik sipil. Universitas Gajah Mada. Edisi 2.
- Hossain, M. Z. *et al.* 2007. A study on pullout behavior of reinforcement due to variation of water content of soil. *Agricultural Engineering International: CIGR E-journal. Volume IX.* Mie University. Tsu. Japan.
- Jewel, R. A. 1990. Strength and deformation in reinforced soil design. *4<sup>th</sup> International Conference on Geotextiles, Geomembranes, and Related Products.* University of Oxford. United Kingdom.
- Pramuhardi, G. *et al.* 2001. Adhesi tanah-metal pada berbagai tingkat perubahan kepadatan dan kadar air tanah. Buletin keteknikan pertanian. Institut Pertanian Bogor. *Volume 15, 2.*
- Kwon, Y. *et al.* 2010. Pullout characteristics of chain type retaining system. *International Journal of the Physical Sciences. Volume 5, 9.*